

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
VETERINARSKI FAKULTET

Karmela Nina Barać

KLINIČKE MANIFESTACIJE DISBALANSA RAZINE MINERALA
U HRANIDBI PASA I MAČAKA

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Zavod za prehranu i dijetetiku životinja
Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

PREDSTOJNIK: doc. dr. sc. Hrvoje Valpotić

MENTORI: doc. dr. sc. Hrvoje Valpotić
dr. sc. Diana Brozić

ČLANOVI POVJERENSTVA ZA OBRANU DIPLOMSKOG RADA:

1. Prof. dr. sc. Nora Mas
2. Doc. dr. sc. Hrvoje Valpotić
3. Dr. sc. Diana Brozić
4. Prof. dr. sc. Željko Mikulec (zamjena)

Zahvaljujem se mentorima dr. sc. Diani Brozić i doc. dr. sc. Hrvoju Valpotiću na stručnom vodstvu i savjetima kojima su mi pomogli u izradi ovog rada.

Najveća zahvala ide mojoj obitelji na podršci i strpljenju tijekom cijelog školovanja, Toniju i svim prijateljima na vjeri u mene, bez njih studij ne bi bio moguć.

POPIS PRILOGA

Popis tablica

Tablica 1.a Preporučeni minimalni udio kalcija i fosfora u prehrani pasa (na 100 g suhe tvari (ST)) (FEDIAF 2017.)

Tablica 1.b Preporučeni udio kalcija i fosfora u prehrani mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 2. Izvori kalcija i fosfora u prehrani pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 3. Kliničko očitovanje disbalansa kalcija i fosfora u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 4. Preporučeni minimalni udio magnezija u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 5. Kliničko očitovanje disbalansa magnezija u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 6. Preporučeni minimalni udio kalija u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 7. Kliničko očitovanje disbalansa elektrolita u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 8.a Preporučeni minimalni udio natrija i klora u prehrani pasa (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 8.b Preporučeni minimalni udio natrija i klora u prehrani mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 9. Preporučeni minimalni udio željeza u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 10. Kliničko očitovanje disbalansa željeza u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 11. Preporučeni minimalni udio bakra u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 12. Kliničko očitovanje disbalansa željeza u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 13. Preporučeni minimalni udio cinka u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 14. Kliničko očitovanje disbalansa cinka u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 15. Preporučeni minimalni udio mangana u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 16. Kliničko očitovanje disbalansa mangana u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 17. Preporučeni minimalni udio joda u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 18. Kliničko očitovanje disbalansa joda u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 19. Preporučeni minimalni udio selena u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Tablica 20. Kliničko očitovanje disbalansa selena u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Tablica 21. Kliničko očitovanje disbalansa određenih mikrominerala u pasa i mačaka (Prilagođeno prema: CASE i sur., 1995.; WEDEKIND i sur., 2010.)

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	MINERALI	2
2.1.	Podjela minerala	2
2.2.	Iskoristivost minerala u prehrani	2
3.	MAKROMINERALI	3
3.1.	Kalcij i fosfor.....	3
3.1.1.	Kliničko očitovanje disbalansa kalcija i fosfora	6
3.2.	Magnezij	9
3.2.1.	Kliničko očitovanje disbalansa magnezija.....	10
3.3.	Kalij.....	11
3.3.1.	Kliničko očitovanje disbalansa kalija	11
3.4.	Natrij i klor	12
3.4.1.	Kliničko očitovanje disbalansa natrija i klora.....	13
3.5.	Sumpor	14
4.	MIKROMINERALI.....	15
4.1.	Željezo	15
4.1.1.	Kliničko očitovanje disbalansa željeza	15
4.2.	Bakar	16
4.2.1.	Kliničko očitovanje disbalansa bakra.....	17
4.3.	Cink	18
4.3.1.	Kliničko očitovanje disbalansa cinka	18
4.4.	Mangan.....	20
4.5.	Jod	21
4.5.1.	Kliničko očitovanje disbalansa joda.....	21
4.6.	Selen.....	22
4.6.1.	Kliničko očitovanje disbalansa selena	22
4.7.	Ostali mikrominerali: bor, krom i kobalt.....	23
5.	ZAKLJUČCI.....	25
6.	LITERATURA.....	27

7.	SAŽETAK.....	31
8.	SUMMARY	32
9.	ŽIVOTOPIS	33

1. UVOD

Minerali su anorganski elementi potrebni za normalno funkcioniranje organizma. Pripadaju esencijalnim nutrijentima što znači da ih organizam nije sposoban sintetizirati i stoga se moraju osigurati putem hrane (VRANEŠIĆ BENDER i KRSTEV, 2008.). Minerali imaju različite funkcije u tijelu: oni aktiviraju enzimski katalizirane reakcije, pružaju skeletnu potporu, sudjeluju u prijenosu živčanih impulsa i kontrakciji mišića, čine komponente određenih transportnih proteina i hormona, te imaju funkciju u održavanju ravnoteže vode i elektrolita (CASE i sur., 1995.). Postoje značajni međusobni odnosi među mnogim mineralnim elementima koji mogu utjecati na apsorpciju, metabolizam i funkcioniranje minerala. Ti odnosi mogu biti antagonistički (prisutnost ili odsutnost jednog minerala potiskuje ulogu drugog) ili sinergijski (dva minerala djeluju komplementarno, zajedno pospješuju određenu funkciju). Većinom su odnosi u organizmu između minerala antagonistički (SOLOMONS, 1988.). Konkretno, višak ili nedostatak nekih minerala može značajno utjecati na sposobnost tijela da koristi druge minerale u prehrani. Disbalans minerala u obroku kod kućnih ljubimaca dovesti će do različitih kliničkih manifestacija koje, u konačnici mogu dovesti do uginuća. Kao rezultat toga, razinu većine minerala u prehrani treba razmotriti u odnosu na druge komponente obroka, s ciljem postizanja optimalne ravnoteže u unosu hranjivih tvari (CASE i sur., 1995.).

Trendovi hranidbe pasa i mačaka kuhanim ili sirovim obrocima na temelju nerecenziranih receptura često mogu biti uzrokom mineralne neravnoteže u obroku, čija će se klinička manifestacija ispoljiti ovisno o prijemčljivosti, pri čemu će osjetljivije biti mlađe jedinke, kuje u graviditetu ili laktaciji te životinje sa narušenim imunosnim statusom.

Stoga je cilj ovog rada prikazati funkciju i važnost pojedinog minerala u prehrani pasa i mačaka, u kojim količinama su potrebni s obzirom na dob te objediniti klinička očitovanja njihovih disbalansa.

2. MINERALI

2.1. Podjela minerala

Minerali se mogu podijeliti na makro i mikromineralne. Makrominerali predstavljaju one minerale koji su u najvećem postotku zastupljeni u organizmu, a to su kalcij, fosfor, magnezij i sumpor te elektroliti natrij, kalij i klor. Mikrominerali, koji se nazivaju još i elementima u tragovima, uključuju veći broj minerala koji su u vrlo malim količinama prisutni u organizmu i potrebni u prehrani (CASE i sur., 1995.). Minerali u tragovima toksični su pri unosu koji nije puno veći od preporučenoga, stoga je važno da unos ne prelazi preporučenu razinu (VRANEŠIĆ BENDER i KRSTEV, 2008.).

2.2. Iskoristivost minerala u prehrani

Prikladnost mineralnog sastava obroka određena je koncentracijom minerala, ali i drugim čimbenicima. Tako će na iskoristivost utjecati i: 1.) kemijski oblik minerala (koji utječe na njegovu topljivost), 2.) količina i udio ostalih metaboličkih komponenata, 3.) vrsta, spol i dob životinje, 4.) unos minerala i potrebe organizma i 5.) okolišni čimbenici (UNDERWOOD i MERTZ, 1987.). Različiti oblici minerala u tragovima (željezo, cink, mangan i bakar) razlikuju se u bioraspoloživosti kako slijedi: sulfati i kloridi > karbonati > oksidi (AOYAGI i BAKER, 1993.; WEDEKIND i BAKER, 1990.; MCDOWELL, 1992a). Oksidi željeza i bakra slabo su iskoristivi organizmu i stoga se ne smiju koristiti kao mineralni dodatak u hrani za kućne ljubimce (MCDOWELL, 1992a, MORRIS i ROGERS, 1994.).

Općenito, sirovine animalnog podrijetla smatraju se boljim izvorom određenih minerala od sirovina biljnog podrijetla. Organski oblici minerala koji se nalaze u nusproizvodima životinjskog podrijetla posjeduju bolju iskoristivost ili je ona istovjetna onoj iz izvora poput anorganskih mineralnih dodataka, dok je iskoristivost minerala iz biljnog izvora često značajno manja (AOYAGI i sur., 1993.; HORTIN i sur., 1993.).

3. MAKROMINERALI

3.1. Kalcij i fosfor

Homeostatski mehanizmi kalcija i fosfora koji kontroliraju njihovu razinu u organizmu međusobno su usko povezani. Kalcij je glavna anorganska komponenta kostiju: 99% kalcija u tijelu nalazi se u koštanom sustavu dok se preostalih 1% nalazi u sastavu izvanstaničnih i unutarstaničnih tekućina. Fosfor je također važna komponenta kostiju. Oko 85% fosfora u tijelu, uz kalcij, nalazi se u obliku anorganskog spoja hidroksiapatita u kostima i zubima. Preostali dio fosfora nalazi se vezan u organskim spojevima u mekim tkivima (CASE i sur., 1995.).

Kalcij u kostima osigurava strukturalni integritet kostura i također doprinosi održavanju optimalne razine kalcija u krvi. Kalcij u koštanom tkivu nije u statičnom stanju, već se neprekidno mobilizira i taloži kako kost raste. Razina cirkulirajućeg kalcija u plazmi strogo je kontroliran proces putem homeostatskih mehanizama koji je neovisan o prehranbenom unosu kalcija. Kalcij u cirkulaciji ima esencijalne uloge u prijenosu impulsa živaca, kontrakciji mišića, koagulaciji krvi, aktivaciji određenih enzimskih sustava, održavanju permeabilnosti i transporta putem membrane te funkciji srca (CASE i sur., 1995.).

Poput kalcija, fosfor daje strukturnu potporu kosturu i također se oslobađa u krvotok kao odgovor na homeostatske mehanizme. Fosfor koji se nalazi u mekim tkivima ima širok spektar funkcija i sudjeluje u gotovo svim metaboličkim procesima: čini sastavni dio stanične deoksiribonukleinske kiseline (DNA) i ribonukleinske kiseline (RNA), određenih B-vitaminskih koenzima i fosfolipida stanične membrane, koji su važni za regulaciju prijenosa u stanice i iz njih. Fosfor je također neophodan za reakcije fosforilacije te se nalazi u adenozin trifosfatu (ATP), adenozin difosfatu i cikličkom adenozin monofosfatu (CASE i sur., 1995.).

Homeostatski mehanizmi odgovorni za održavanje konstantne razine kalcija u plazmi su paratiroidni hormon (PTH), vitamin D i kalcitonin. PTH se oslobađa u krvotok kao odgovor na blagi pad kalcija u plazmi. Ovaj hormon stimulira sintezu aktivnog vitamina D u bubrezima i povećava resorpciju kalcija i fosfora iz kostiju. Uz to, djeluje na bubrežne tubule kako bi se povećala reapsorpcija kalcija i smanjila reapsorpcija fosfora, što rezultira povećanim

zadržavanjem kalcija u tijelu i povećanim gubitkom mokraćnog fosfata. Aktivni vitamin D proizveden kao odgovor na PTH djeluje na probavni sustav na način da povećava apsorpciju kalcija i fosfora. U kombinaciji s PTH, vitamin D također povećava mobilizaciju kalcija iz kosti povećanjem aktivnosti osteoklasta. PTH tako djeluje na povećanje serumske koncentracije kalcija i smanjenje serumske koncentracije fosfora dok aktivni vitamin D povećava razinu kalcija i fosfora u serumu. Kalcitonin djeluje tako da smanjuje razinu kalcija u krvi djelujući prvenstveno na povećanje osteoblastne i smanjenje osteoklastne aktivnosti u koštanom tkivu. Kalcitonin se također oslobađa kao odgovor na hiperkalcemiju i oslobađanje određenih hormona, poput gastrina (CASE i sur., 1995.).

Osim što imaju zajedničke homeostatske mehanizme u tijelu, kalcij i fosfor također su povezani i unutar prehrane. Kada se adekvatne količine kalcija i fosfora uključe u prehranu, važno je uzeti u obzir i odnos količine kalcija i fosfora. Višak kalcija u hrani tvori netopivi spoj s fosforom, što rezultira smanjenom apsorpcijom fosfora. Slično tome, visoke razine fosfora u prehrani mogu inhibirati apsorpciju kalcija. Preporučeni omjer kalcija i fosfora u hrani za kućne ljubimce je između 1 : 1 i 2 : 1. Hranjenje životinja hranom koja ima nepravilni omjer kalcija i fosfora ili dopunjavanje uravnotežene hrane s visokim količinama bilo kojeg od ovih minerala može dovesti do neravnoteže jednog od njih. Takvi se problemi obično manifestiraju na skeletnom sustavu kod životinja u rastu i odraslih. Mliječni proizvodi i mahunarke sadrže velike količine kalcija, dok ga žitarice i meso (bez kostiju) sadrže vrlo malo. Hrana koja sadrži fosfor i kalcij uključuje mliječne proizvode i mahunarke. Riba i meso čine bogat izvor fosfora. Međutim, ta hrana je vrlo nedostatna u kalciju, pa je njihovo uključivanje u obroke pasa i mačaka potrebno uravnotežiti dodatnim izvorom kalcija kako bi se osigurao njihov adekvatan omjer (CASE i sur., 1995.). Tako primjerice, prehrana koja sadrži vrlo malo ili ni malo kalcija, ali sadrži dovoljne količine fosfora može uzrokovati sekundarni hiperparatireoidizam (WEDEKIND i sur., 2010.).

Kod mačaka, preporuka unosa kalcija iznosi 1,0% suhe tvari (ST) za rast / reprodukciju i 0,59% ST za odrasle mačke (Tablica 1.b) (FEDIAF, 2017.). Međutim istraživanjima je dokazano kako mačke mogu tolerirati i širi raspon kalcija i fosfora od preporučenog stoga su manje sklone razvoju kliničkih manifestacija disbalasna ovih minerala (PASTOOR i sur., 1994.; KEALY i sur., 1996.; WEDEKIND i sur., 2010.). Što je brža stopa rasta (npr. štenad velikih i divovskih

pasmina > male pasmine > odrasli psi), to je veća potreba za precizno uravnoteženim obrokom kod razine kalcija i fosfora. Povećana potreba za energijom povećava i zahtjev kalcija i fosfora; kod mlađih životinja je nužnije da kalcij i fosfor budu optimalni. Preporučeni minimalni udio kalcija i fosfora u prehrani pasa naveden je u Tablici 1.a.

Najčešći oblik kalcija koji se koristi u hrani za kućne ljubimce je kalcijev karbonat, a može se dodati i u obliku kalcijevog sulfata, kalcijevog klorida, kalcijevog fosfata te kao obroci u koje su uključeni koštano brašno ili prah ljuske jajeta (Tablica 2.). Fosfor se u hrani nalazi kao kalcijev fosfat (monokalcij, dikalcijev i trikalcijev fosfat), natrijev fosfat i fosforna kiselina (Tablica 2.) (WEDEKIND i sur., 2010.).

Tablica 1.a Preporučeni minimalni udio kalcija i fosfora u prehrani pasa (na 100 g suhe tvari (ST)) (FEDIAF, 2017.)

Mineral	Rast i reprodukcija	Odrasli
Kalcij	1 - 1,8 %	0,5 – 2,5 %
Fosfor	0,9 %	0,4 – 1,6 %
Omjer Ca : P	1 : 1 - 1,6 : 1	1 : 1 – 2 : 1

Tablica 1.b Preporučeni udio kalcija i fosfora u prehrani mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Mineral	Rast i reprodukcija	Odrasli
Kalcij	1 %	0,59 %
Fosfor	0,84 %	0,5 %
Omjer Ca : P	1 : 1 - 1,5 : 1	1 : 1 - 2 : 1

Tablica 2. Izvori kalcija i fosfora u prehrani pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Izvor	Kemijski spoj
Kalcij	Kalcijev karbonat	CaCO_3
	Kalcijev sulfat	CaSO_4
	Kalcijev klorid	CaCl_2
	Kalcijev fosfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
	Kalcij citrat	$\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$
Fosfor	Fosforna kiselina	H_3PO_4
	Kalcijev fosfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
	Natrijev fosfat	Na_3PO_4

3.1.1. Kliničko očitovanje disbalansa kalcija i fosfora

Zbog zaliha kalcija i fosfora u kostima odraslih životinja deficit ovih minerala u prehrani klinički se može očitovati nakon dužeg perioda (mjesecima pa čak i godinama u slučaju kalcija) (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Upravo zbog njihove zalihe u kostima disbalans ovih minerala klinički se uglavnom očituje na skeletnom sustavu (Tablica 3.). Ortopedske bolesti vezane uz disbalans kalcija i fosfora širokog su spektra; panosteitis, osteohondroza, wobblersov sindrom, osteodistrofije pa sve do patoloških fraktura. Zbog brzog rasta ovim bolestima posebno su sklonije velike i gigantske pasmine pasa te je kod njih nužnije održavati optimalan unos kalcija i fosfora. U odnosu prema referentnim vrijednostima za odrasle pse, mladi psi u rastu, posebno velike pasmine, često imaju kalcij blago povišen (MRLJAK, 2012.). Višak kalcija štetniji je kod životinja koje rastu nego kod odraslih (WEDEKIND i sur., 2010.). Hipokalcemija je uobičajeni problem u bolesnim stanjima (kronično ili akutno zatajenje bubrega, pankreatitis i dr.) te je potrebno kalcij i / ili kalcitriol davati parenteralno (CHEW i CAROTHERS, 1995.).

Osnovni uzroci osteodistrofije su nestašica ili nepravilan odnos kalcija, fosfora i vitamina D u prehrani. Najvažnije osteodistrofije su rahitis i osteomalacija. Rahitis je čest kod pasa i mačaka hranjenih isključivo mesnim obrocima (mačićima se pojavio unutar četiri tjedna otkad su hranjeni isključivo telećim srcima). Poremećaji u mineralizaciji i vaskularizaciji najizraženiji su na metafizama dugih kostiju. Klinički se znakovi očituju grčevima, poremećajima u mjeni zuba, zadebljanje zahvaćenih kostiju i bolnost pri palpaciji, životinje se teško, nerado kreću i uglavnom

leže. Tijek bolesti je kroničan, a mogu se pojaviti i drugi simptomi poput oslabljenog apetita, mršavljenja i slabokrvnosti. Najvažnije je što prije promijeniti hranidbu i poboljšati uvjete držanja. Osteomalacija se javlja u odraslih životinja kod kojih je završio koštani rast, a simptomi su slični kao i kod rahitisa (GRAČNER, 2012.). Zbog nedostatka kalcija u organizmu, dolazi do njegove resorpcije pohranjenog u kostima zbog čega kost gubi na svojoj čvrstoći. Kost može postati toliko krhka da ne može podnijeti normalne mišićne kontrakcije i težinu tijela uslijed čega nastaju frakture (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Česti su prijelomi zdjelice, rebara i dugih cjevastih kostiju. U uznapredovalim slučajevima kosti se izobliče, zubi rasklimaju, životinje mršave uz znakove tremora mišićja. Deformacije kralježnice očituju se lordozom ili kifozom (GRAČNER, 2012.).

Patološke frakture mogu biti posebno opasne ako se radi o kralješcima jer mogu uzrokovati paralizu. Liječenje se provodi strogim mirovanjem u kavezu i normalizacijom prehrane sa povećanim unosom kalcija kroz 3 tjedna. Kirurški ortopedski zahvati se ne obavljaju jer je kost pretanka. U obzir dolaze korektivni kirurški zahvati nakon mineralizacije kostiju ako su indicirani (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Kronični nedostatak kalcija u prehrani tokom rasta životinje dovesti će do toga da će zbog procesa mineralizacije kostiju doći do pada koncentracije kalcija u plazmi i inducirati hiperparatireoidizam.

Apsolutni nedostatak fosfora vrlo je rijedak, u ekstremnim slučajevima može doći do relativnog nedostatka fosfora kod prehrane štenaca sa vrlo visokim koncentracijama kalcija (i posljedičnom smanjenom sintezom vitamina D). Hiperkalcemija i hipofosfatemija zajedno će sa hipoparatireoidizmom i smanjenom sintezom vitamina D uzrokovati rahitis (SCHOENMAKERS i sur., 2000.).

Povećani unos kalcija može imati dugoročne posljedice kod mladih životinja, a posebno kod velikih i gigantskih pasmina (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Kao rezultat hranjenja štenaca povećanom količinom kalcija dolazi do hiperplazije C stanica koje proizvode kalcitonin i time povećanog odgovora organizma na kalcitonin i mjesecima nakon što se obrok normalizira (SCHOENMAKERS i sur., 2000.). Zbog povećanog odgovora na kalcitonin i povećane koncentracije kalcija u plazmi razvija se panosteitis. Klinički znakovi (hromost, bol na duboku palpaciju) zajedno sa rendgenološkim nalazima u pasa velikih pasmina do 24 mjeseca starosti siguran su znak panosteitisa. Liječenje se provodi obrocima sa ograničenim unosom kalcija (s

mogućnošću trodnevne restrikcije kalcija) i nesteroidnim protuupalnim lijekovima. S povećanim unosom kalcija povezuje se i nastanak wobblerskog sindroma sa tipičnim znakovima ataksije, a u velikih pasmina pasa mlađih od godinu dana i nastanak osteohondroze (hromost, bolost i edem zahvaćenog zgloba). Hiperkalcemija se također navodi i kao jedan od mogućih uzroka nastanka urolita (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Tako je u mačaka koje su imale kalcijeve oksalatane kamence dokazana hiperkalcemija u 35% slučajeva (BARTGES, 2001.). Rizični čimbenik, uz hiperkalcemiju je i hipofosfatemija (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Od kliničkih znakova može se pojaviti otežano mokrenje, krv u mokraći, infekcija urinarnog trakta, urinarna inkontinencija te potpuna opstukcija mokraćnih puteva. U pravilu se kirurški uklanjaju, a njihov ponovni nastanak sprječava se posebnom medicinskom hranom sa smanjenim udjelom proteina i kalcija (KUČER, 2012.).

Razine fosfora koje prelaze 0,6 % ST bile su povezane s nižim koncentracijama fosfora u plazmi, smanjenom razgradnjom kreatinina i smanjenom apsorpcijom magnezija. Stoga su autori zaključili da dugotrajno hranjenje visokim razinama fosfora može naštetiti funkciji bubrega (WEDEKIND i sur., 2010.).

Tablica 3. Kliničko očitovanje disbalansa kalcija i fosfora u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Kalcij	Usporen rast, inapetencija, smanjena mineralizacija kostiju, hromost, spontane frakture, klimanje zubiju, grčevi, konvulzije, rahitis, osteomalacija u odraslih	Smanjena iskoristivost hrane, nefroza, hromost, panosteitis, osteohondroza, wobblerski sindrom
Fosfor	Istovjetno kao kod deficita kalcija; smanjena plodnost, smanjena iskoristivost hrane,	Nastanak urolita, gubitak težine, inapetencija, kalcifikacija mekih tkiva, sekundarni hiperparatiroidizam

3.2. Magnezij

Iako se radi o makromineralu, za razliku od kalcija i fosfora, magnezij je u puno manjoj količini zastupljen u organizmu. U organizmu se 60 – 70 % magnezija nalazi u obliku fosfata i karbonata u kostima. U manjoj količini nalazi se u stanicama te vrlo malo u izvanstaničnoj tekućini. Uz ulogu strukture kostiju sudjeluje i u brojnim metaboličkim procesima. Kao kation u intracelularnoj tekućini, magnezij je bitan za stanični metabolizam ugljikohidrata i proteina (WEDEKIND i sur., 2010.). Zajedno s kalcijem, natrijem i kalijem omogućuje normalnu mišićnu kontrakciju i prijenos živčanih impulsa (CASE i sur., 1995.). Magnezij je reguliran PTH i vitaminom D (FASCETTI i DELANEY, 2012.). U homeostazi magnezija najvažniju ulogu imaju bubrezi koji reapsorbiraju oko 95% filtriranog magnezija (SHILS, 1996.). Na njegovu reapsorpciju utječu razni faktori, tako će lijekovi (npr. diuretici, aminoglikozidi) uzrokovati povećani gubitak magnezija (FREEMAN, 1995.). Mnogi prehrambeni i fiziološki čimbenici djeluju negativno na njegovu apsorpciju u probavnom sustavu kao što je visok udio prehrambenog fosfora, kalcija, kalija, masti i proteina (WEDEKIND i sur., 2010.).

Žitarice, mahunarke i mliječni proizvodi bogat su izvor magnezija (CASE i sur., 1995.), kao i obroci koji sadrže kosti i proteinske dodatke poput sojinog brašna (WEDEKIND i sur., 2010.). Nedostatak magnezija rijedak je u prehrani pasa i mačaka dok se njegov povećani unos povezuje s nastankom struvitnih urolita (CASE i sur., 1995.). U provedenim istraživanjima na mačkama čak su i najniže koncentracije magnezija u prehrani (0,02 % ST) osigurale pozitivnu mineralnu ravnotežu bez ikakvih nuspojava (WEDEKIND i sur., 2010.). Koncentracija od 0,02 % predstavlja polovicu preporučenog unosa FEDIAF (2017.) (Tablica 4.).

Tablica 4. Preporučeni minimalni udio magnezija u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	0,04 %	0,07 %
Mačka	0,05 %	0,04 %

3.2.1. Kliničko očitovanje disbalansa magnezija

Klinički se nedostatak magnezija manifestira dezorijentacijom, tetaničkim grčevima, preosjetljivošću, anoreksijom, perifernom vazodilatacijom, konvulzijama i mišićnom inkoordinacijom (Tablica 5.) (WEDEKIND i sur., 2010.). Uz nedostatak povezuju se još i kalcifikacija bubrega i jetre, smanjenje tlaka, tjelesne temperature i tiamina u tkivima (UNDERWOOD i MERTZ, 1987.).

Kod prezasićenosti urina magnezijom, amonijakom i fosfatnim ionima dolazi do stvaranja struvitnih urolita (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Povećani unos magnezija u prehrani neće dovesti direktno do stvaranja kamenca jer o tome ovisi i pH urina (BUFFINGTON i sur., 1990.) te druge njegove komponente (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Alkalurija povećava rizik formiranja struvitnih urolita (TARTTELIN, 1987.; BARTGES i sur., 1998.) te se pojavljuju u jednakoj mjeri u oba spola. U terapiji stuvitnih kamenca potrebno je suzbiti infekciju (ako postoji) odgovarajućim antibiotikom i pokušati otopiti kamenac posebnom medicinskom hranom, a može se i kirurški ukloniti kad se hranom ne uspijevaju otopiti. Hrana koja se koristi u terapiji mora imati ograničenu količinu magnezija, fosfora i proteina te povećavati kiselost urina (OSBORNE i sur., 1990.). S druge strane, u istraživanju na mačkama pokazalo se da manjak magnezija u njihovoj prehrani povećava rizik od nastanka kamenca kalcijevih oksalata (FASCETTI i DELANEY, 2012.).

Tablica 5. Kliničko očitovanje disbalansa magnezija u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Magnezij	Mišićna slabost, konvulzije, anoreksija, povraćanje, dezorijentacija, tetanički grčevi, preosjetljivost, periferna vazodilatacija, smanjena mineralizacija kostiju, kalcifikacija tkiva	Struvitni uroliti, paraliza

3.3. Kalij

Kalij je glavni kation intracelularne tekućine. Važan je za održavanje acidobazne i osmotske ravnoteže te je kofaktor u nekoliko enzimskih reakcija (WEDEKIND i sur., 2010.). Otprilike 1/3 staničnog kalija vezana je za proteine, a ostatak čini ionizirani kalij. Ionizirani kalij unutar stanice omogućuje održavanje odgovarajućeg volumena tekućine (CASE i sur., 1995.). Mala količina kalija u izvanstaničnoj tekućini pomaže pri prijenosu živčanih impulsa i kontakciji mišića. Održavanje ravnoteže kalija posebno je važno za normalno funkcioniranje srčanog mišića. Za razliku od većine minerala, kalij se ne pohranjuje u organizmu te se mora svakodnevno unositi prehranom (Tablica 6.) (WEDEKIND i sur., 2010.).

Mnoge namirnice bogate su kalijem: meso, riba, žitarice i većina povrća zbog čega je njegov nedostatak u prehrani pasa i mačaka rijedak. Hipokalijemija sprečava sintezu proteina, uzrokuje slabost i bolnost u mišićima te pridonosi poliuriji smanjujući bubrežni odgovor na antidiuretski hormon (WEDEKIND i sur., 2010.). U Tablici 7. navedeni su klinički simptomi kao posljedica disbalansa kalija.

Dodatci kalija u prehrani kućnih ljubimaca uključuju kalijev citrat, kalijev klorid i kalijev sulfat. Kalijev citrat često se uključuje u prehranu za sprečavanje nastanka urolita kalcijevih oksalata (WEDEKIND i sur., 2010.).

3.3.1. Kliničko očitovanje disbalansa kalija

Povećani unos kalija hranom neće dovesti do stalne hiperkalijemije osim ako ne postoji patologija bubrega koja utječe na njegovo izlučivanje (npr. kronična upala bubrega). Potrebe za kalijem povećane su u laktaciji, kod vježbanja, vrućine i bolesnim stanjima (proljevanje, povraćanje i dr.). Uz magnezij, kalij je važno osigurati kod pacijenta sa srčanim oboljenjima jer njihov nedostatak može uzrokovati aritmije, smanjenje srčanih kontrakcija i potencirati štetne učinke lijekova (WEDEKIND i sur., 2010.).

Tablica 6. Preporučeni minimalni udio kalija u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	0,44 %	0,5 %
Mačka	0,6 %	0,6 %

Tablica 7. Kliničko očitovanje disbalansa elektrolita u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Kalij	Anoreksija, letargija, usporen rast, lokomotorni poremećaji, iscrpljenost, hipokalijemija, lezije tkiva	Rijetko. Pareza, bradikardija
Natrij i klor	Nemogućnost održavanja ravnoteže vode (poliurija, polidipsija), usporen rast, anoreksija, gubitak dlake, umor, iscrpljenost	Samo kad nije dostupna voda odgovarajuće kvalitete. Inapetencija, povraćanje, konstipacija, žeđ, svrbež, napadaji, uginuće

3.4. Natrij i klor

Natrij i klor, uz kalij, važni su za održavanje osmotskog tlaka, reguliraju acidobaznu ravnotežu, prijenos živčanih impulsa i kontrakciju mišića preko Na-K-ATP-aze (natrijeva pumpa). Klor je važan i za formiranje klorovodične (želučane) kiseline potrebne za normalnu probavu, a u lumenu tankog crijeva nužno je prisustvo natrijevih iona kako bi apsorpcija šećera i aminokiselina bila moguća (WEDEKIND i sur., 2010.). Stoga nedovoljne koncentracije natrija u prehrani smanjuju iskoristivost proteina i energije iz hrane. Natrij također utječe na apsorpciju i mobilizaciju kalcija i može utjecati na apsorpciju nekih vitamina topivih u vodi (npr. riboflavin, tiamin i askorbinska kiselina) (MCDOWELL, 1992.). Aldosteron regulira reapsorpciju natrija u bubrežnim tubulima dok ADH reagira na promjene osmotske ravnoteže. Ova dva hormona

odgovorna su za održavanje omjera natrija i klora. Kada se natrij ne unosi u dovoljnoj količini, smanjuje se značajno njegovo izlučivanje mokraćom, a klor će pratiti koncentraciju natrija. Tako će primjerice, povećano izlučivanje natrija mokraćom biti praćeno i povećanim izlučivanjem klora (WEDEKIND i sur., 2010.).

3.4.1. Kliničko očitovanje disbalansa natrija i klora

Brojni čimbenici utječu na potrebe za natrijem, tako je on potreban u većim količinama prilikom reprodukcije, laktacije, rasta i kod prehrane s visokim razinama kalija. U hrani namijenjenoj mačkama s bolestima donjeg dijela urinarnog trakta često se nalaze dodatne soli kako bi se potaklo uzimanje veće količine vode, a time i povećalo izlučivanje urina i na taj način smanjio rizik od nastanka kamenca. Međutim, pokazalo se kako je visoki unos natrija (1,1% ST) kroz tri mjeseca doveo do povećanih razina dušika, fosfora i kreatinina u serumu mačaka s bubrežnim oboljenjem (KIRK, 2002.). Također, koncentracije aldosterona u plazmi su bile snižene. U istraživanjima gdje je unos natrija bio $\geq 2\%$ ST, klinički se očitovala inapetencija, povraćanje i negativna ravnoteža kalija (WEDEKIND i sur., 2010.). Zbog utjecaja visokih razina natrija na zdravlje, preporučena je i gornja granica koja iznosi 1,5% ST za mačke i pse (FEDIAF, 2017.). Veće količine natrija nisu dokazane kao sigurne. Za klor nema mnogo istraživanja te se preporuča unos 1,5 puta veći od natrija (WEDEKIND i sur., 2010.). U Tablici 7. navedeni su klinički simptomi disbalansa natrija i klora.

Hrana bogata natrijem i klorom je raznovrsna (meso, riba, jaja, sirutka...) zbog čega njihov deficit nije tako čest. Dodatci natrija i klora u hrani dolaze kao soli (natrijev klorid), natrijev fosfat, kalcijev klorid i dr. odjeljka Preporučeni minimalni udio natrija i klora u prehrani pasa i mačaka naveden je u tablicama 8.a i 8.b.

Tablica 8.a Preporučeni minimalni udio natrija i klora u prehrani pasa (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Mineral	Rast i reprodukcija	Odrasli
Natrij	0,22 %	0,1 %
Klor	0,33 %	0,15 %

Tablica 8.b Preporučeni minimalni udio natrija i klora u prehrani mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Mineral	Rast i reprodukcija	Odrasli
Natrij	0,08 %	0,16 %
Klor	0,11 %	0,24 %

3.5. Sumpor

Sumpor u organizmu ima više funkcija. U najvećoj količini nalazi se kao sastavni dio aminokiselina cistein i metionin. Čini sastavni dio kondroitin sulfata (komponente hrskavice), inzulina i heparina (CASE i sur., 1995.). Za sumpor ne postoje podaci o potrebnim količinama u prehrani pasa i mačaka jer se smatra da su potrebe zadovoljene ako se u obroku nalazi dovoljna količina aminokiselina koje sadrže sumpor (WEDEKIND i sur., 2010.). Prirodni deficit ovog minerala u pasa i mačaka nije zabilježen (CASE i sur., 1995.).

4. MIKROMINERALI

4.1. Željezo

Željezo je prisutno u određenim enzimima i proteinima odgovornima za aktivaciju kisika (oksidaze, oksigenaze) te transporta elektrona (citokromi) i kisika (hemoglobin, mioglobin). Željezo u hrani dolazi u dva oblika: 1) kao hem iz hemoglobina i mioglobina i 2) iz žitarica i druge hrane biljnog podrijetla. U organizmu se pohranjuje u obliku feritina i hemosiderina u jetri, slezeni i koštanoj srži. Zbog ograničene mogućnosti organizma da izlučuje željezo, njegova se homeostaza održava reguliranjem njegove apsorpcije (WEDEKIND i sur., 2010.).

Njegova će apsorpcija tako, osim potrebe organizma za željezom, ovisiti i o vrsti hrane te kiselosti u crijevnom lumenu. Potrebe za željezom su fiziološki veće kod rasta (Tablica 9.), a čimbenici koji inhibiraju njegovu apsorpciju su prisutstvo fitata, fosfata i oksalata te višak kalcija i cinka u prehrani. Bolje se apsorbira željezo iz hrane životinjskog podrijetla, a kiseliji pH povoljnije utječe na njegovu apsorpciju (CASE i sur., 1995.).

4.1.1. Kliničko očitovanje disbalansa željeza

Anemija kao posljedica nedostatka željeza u prehrani izuzetno je rijetka kod pasa i mačaka. Hipokromna, mikrocitna anemija kao posljedica nedostatka željeza klinički se manifestira umorom i depresijom i najčešće je posljedica parazitarne invazije (CASE i sur., 1995.; WEDEKIND i sur., 2010.). Unesen u prevelikim količinama (>142 mg), kao i ostali elementi u tragovima postaje toksičan za organizam, a visok unos željeza treba izbjegavati i zbog mogućnosti interakcije s drugim mineralima (kao što su npr. cink i bakar) (WEDEKIND i sur., 2010.). Kliničko očitovanje disbalansa željeza prikazano je u Tablici 10.

Meso predstavlja izvor hrane najbogatiji željezom (posebice organi poput jetre i slezene) (CASE i sur., 1995.). Kako se većina hrane za kućne ljubimce bazira na mesu, željezo je prisutno

u visokim koncentracijama (WEDEKIND i sur., 2010.). Bogat izvor željeza predstavljaju još i jaja, riba, mahunarke i žitarice.

Željezov oksid se dodaje u hranu kao pigment kojim se postiže „mesno“ crvena boja, međutim on se kao takav ne može iskoristiti. Takva hrana ima veću količinu željeza, ali to ne znači da je i iskoristivost željeza veća.

Tablica 9. Preporučeni minimalni udio željeza u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	8,8 mg	3,6 mg
Mačka	8 mg	8 mg

Tablica 10. Kliničko očitovanje disbalansa željeza u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Željezo	Umor, depresija, usporen rast, tromost, gruba dlaka	Anoreksija, gubitak težine, hemosideroza, disfunkcija jetre, hipoalbuminemija

4.2. Bakar

Metabolizam i funkcija bakra usko je vezana uz željezo. Bakar je neophodan za normalnu apsorpciju i transport željeza iz hrane, a zajedno s željezom, važan je za pravilno formiranje hemoglobina. Uz to, bakar ima ulogu u stvaranju melanina, kolagena, elastina i ATP-a. Također štiti organizam od slobodnih radikala i osigurava normalno funkcioniranje osteoblasta tijekom rasta. U organizmu je vezan za proteine. Pohranjuje se u jetri, a višak se izlučuje putem fecesa i žuči.

4.2.1. Kliničko očitovanje disbalansa bakra

Zbog važnosti u metabolizmu željeza i formiranju hemoglobina, nedostatak bakra uzrokovati će, kao i nedostatak željeza hipokromnu, mikrocitnu anemiju. Od drugih znakova nedostatka bakra može doći do depigmentacije dlake i poremećaja u rastu (Tablica 12.). Iako deficit bakra nije čest u pasa i mačaka, neke pasmine mogu patiti od nasljednog poremećaja metabolizma bakra (CASE i sur., 1995.). Pretjerane količine bakra u prehrani (>2,8 mg) dovode do njegove akumulacije u jetri (VAN DEN INGH i sur., 2007.) i posljedične toksikoze (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Suficit bakra može dovesti do interakcija sa željezom i cinkom. Veće količine cinka u hrani smanjuju apsorpciju bakra u probavnom sustavu i obrnuto (WEDEKIND i sur., 2010.).

Meso čini bogat izvor bakra, a pogotovo jetra. Jetra preživača, za razliku od jetre monogastričnih životinja ima 5-10 puta veću količinu bakra. U hranu se dodaje u obliku bakrovog klorida, sulfata i karbonata (WEDEKIND i sur., 2010.). Preporučene količine bakra u prehrani pasa i mačaka navedene su u Tablici 11.

Tablica 11. Preporučeni minimalni udio bakra u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	1,1 mg	0,72 mg
Mačka	1 mg	0,5 mg

Tablica 12. Kliničko očitovanje disbalansa željeza u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Bakar	Umor, usporen rast, depigmentacija dlake, lezije kostiju, neurološki i reproduktivni poremećaji	Hepatitis, povećana aktivnost jetrenih enzima

4.3. Cink

Cink je mikromineral koji je sastavni dio ili aktivator preko 200 enzima zbog čega čini veliku važnost u fiziološkom funkcioniranju organizma. Primarne funkcije cinka vezane su uz metabolizam nukleinskih kiselina i ugljikohidrata, imunološki odgovor, sintezu proteina, regeneraciju kože i ozljeda, replikaciju i diferencijaciju stanica, rast i reprodukciju (WEDEKIND i sur., 2010.). Koža sadrži oko 20% ukupnog cinka u organizmu, a u najvećim koncentracijama nalazi se u jeziku, mekušima i vrhu nosa (LANSDOWN i SAMPSON, 1997.). Homeostaza cinka regulirana je njegovom apsorpcijom i ekskrecijom. Apsorpcija cinka značajno će ovisiti o drugim komponentama u hrani (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Tako primjerice, prisutnost fitata smanjuje, a aminokiseline (npr. histidin) potiču njegovu apsorpciju (HAMBIDGE i sur., 1986.). U plazmi je cink vezan za albumine (66%) i globuline (33%) (MCDOWELL, 1992.).

4.3.1. Kliničko očitovanje disbalansa cinka

Nedostatak cinka u prehrani pasa i mačaka predstavlja veći problem od suficita (Tablica 14.). Naime, prisutnost drugih tvari značajno utječe na apsorpciju cinka iz obroka. Uz fitate, velike koncentracije kalcija, fosfata, bakra, željeza, kadmija i kroma smanjuju apsorpciju cinka. U prilog tome govori kako je deficit cinka zabilježen u pasa koji su se hranili suhom hranom sa velikim udjelom žitarica u svom sastavu (bogatim fitatima), iako je takva hrana imala dovoljnu količinu cinka (MORRIS i ROGERS, 1994.).

Zbog njegove uloge u sintezi proteina, deficit cinka rezultira poremećajem u rastu kod mladih životinja. U pasa i mačaka deficit cinka najčešće se prvo očituje promjenama na koži i dlaci. Dlaka postaje suha i gruba, a na koži dolazi do parakeratoze i hiperkeratoze (CASE i sur., 1995.). Kožne lezije često su najprije vidljive na mekušima i prstima (FASCETTI i DELANEY, 2012.). Preporučene količine cinka u prehrani pasa i mačaka navedene su u Tablici 13.

Tablica 13. Preporučeni minimalni udio cinka u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	10 mg	7,2 mg
Mačka	7,5 mg	7,5 mg

Tablica 14. Kliničko očitovanje disbalansa cinka u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Cink	Anoreksija, zaostajanje u rastu, depigmentacija dlake, alopecija, parakeratoza, hiperkeratoza, povraćanje, konjunktivitis, reproduktivni poremećaji	Rijedak

Uz metabolizam cinka vežu se i dermatoze. Postoje dva oblika dermatosa povezanih s cinkom. Prvi je utvrđen u sibirskog haskija, aljaškog malamuta i povremeno u drugih pasmina. Smatra se da se radi o genetskom poremećaju apsorpcije cinka iz probavnog sustava. Unatoč adekvatnoj konzumaciji cinka, razvijaju se kožne lezije; tipično se pojavljuju kraste, perutanje, alopecije u području oka, usta, uha, ali i na vrhovima ekstremiteta. Lezije napreduju od eritrema i alopecija s perutanjima do razvoja gnoja i krasti. U početku su jednostrane, a kako bolest napreduje postaju simetrične. Lezije se pojavljuju u mlađoj dobi (1-3 godine) (FASCETTI i DELANEY, 2012.). U približno 50% oboljelih pasa lezije mogu biti praćene svrbežom (COLOMBINI i DUNSTAN, 1997.).

Drugi oblik pojavljuje se u štenaca velikih i gigantskih pasmina pasa tijekom faze brzog rasta koji nisu adekvatno hranjeni, odnosno koji su hranjeni obrocima bogatim fitatima i prevelikim količinama kalcija (WATSON, 1998.). Fitati i kalcij onemogućuju apsorpciju cinka zbog čega takvi štenci pate od njegovog deficita. Kraste se najčešće formiraju na njušci i mekušima, a česta je i hiperkeratoza mekušima (FASCETTI i DELANEY, 2012.).

Liječenje se provodi dodatcima elementarnog cinka u obliku cinkovog sulfata, cinkovog glukonata ili cinkovog metionina u dozi od 2-3 mg/kg tjelesne težine (WHITE i sur., 2001.). Do oporavka dolazi za otprilike 4-6 tjedna. Kod drugog oblika dovoljno je samo osigurati kvalitetnu hranu. Poželjno je da se u obroku nalaze i esencijalne masne kiseline koje djeluju pozitivno na apsorpciju cinka (WHITE i sur., 2001., HUANG i sur., 1982.).

4.4. Mangan

Kao i većina mikrominerala, mangan je komponenta određenih staničnih enzima koji kataliziraju metaboličke reakcije (npr. arginaza) (CASE i sur., 1995.), a djeluje i kao aktivator enzima (WEDEKIND i sur., 2010.). Također je potreban za normalan razvoj kostiju, reprodukciju i metabolizam masti. Velike koncentracije željeza, fosfora i kobalta u hrani mogu reducirati njegovu apsorpciju u probavnom sustavu (WEDEKIND i sur., 2010.).

Prirodna pojava deficita ovog minerala nije zabilježeno u pasa i mačaka, dok je u drugih vrsta deficit obilježen poremećajima u rastu, reprodukciji i metabolizmu lipida (Tablica 16.). Mahunarke i cjelovite žitarice predstavljaju dobar izvor mangana (CASE i sur., 1995.). Preporučene količine mangana u prehrani pasa i mačaka navedene su u Tablici 15.

Tablica 15. Preporučeni minimalni udio mangana u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	0,56 mg	0,58 mg
Mačka	1 mg	0,5 mg

Tablica 16. Kliničko očitovanje disbalansa mangana u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Mangan	Poremećaji u rastu i reprodukciji, masna jetra	Rijedak

4.5. Jod

Jod je potreban za sintezu tiroksina (T4) i trijodtironina (T3) stoga je od izrazite važnosti za normalno funkcioniranje štitne žlijezde (CASE i sur., 1995.). Ona je neophodna organizmu u brojnim funkcijama: termoregulaciji, reprodukciji, rastu i razvoju, cirkulaciji, mišićnom i neuromuskularnom funkcioniranju i dr. (WEDEKIND i sur., 2010.). Prehrambene potrebe za jodom ovise o fiziološkom stanju (Tablica 17.) i prehrani; tako je kod životinja u laktaciji veća jer se oko 10% joda izluči mlijekom (MCDOWELL, 1992.). Prehrana bogata određenim mineralima kao što su kobalt, mangan i kalcij može zahtijevati i veći unos joda (NRC, 2005.).

4.5.1. Kliničko očitovanje disbalansa joda

Glavni znak nedostatka joda je gušavost, povećanje štitne žlijezde. Kod mladih životinja hranjenih izrazito jodom deficitarnom hranom može doći do poremećaja središnjeg živčanog sustava, lezija kože, suhe dlake i skeletnih deformacija (Tablica 18.). Međutim, prirodna pojava deficita joda obično se ne javlja u pasa i mačaka (CASE i sur., 1995.).

I deficit i suficit ovog minerala mogu dovesti do poremećaja u radu štitne žlijezde. Tako je u mačaka zabilježeno da pretjerani unos joda ($>1,1$ mg) dovodi do smanjenja koncentracije tiroksina i sličnih simptoma kao i kod deficita (FASCETTI i DELANEY, 2012.).

Kod mačje hipertireodoze smatra se da su uzrok određeni sastojci iz hrane koji inhibiraju sintezu hormona štitnjače kao što je bisfenol A (EDINBORO i sur., 2004.), no daljnja detaljnija istraživanja o tome nisu provedena. Ribe, jaja i jodirane soli čine adekvatan izvor joda (WEDEKIND i sur., 2010.).

Tablica 17. Preporučeni minimalni udio joda u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	0,15 mg	0,11 mg
Mačka	0,18 mg	0,13 mg

Tablica 18. Kliničko očitovanje disbalansa joda u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Jod	Gušavost, poremećaji SŽS-a, gruba dlaka, skeletne deformacije, letargija, edemi, alopecije, apatija	Slično kao kod deficita; gušavost, gruba dlaka, inapetencija, gubitak težine, vrućica, tromost

4.6. Selen

Kao komponenta enzima glutation - peroksidaze, selen štiti stanične membrane od oksidativnog oštećenja. U zaštiti od oksidacijskog stresa, uz selen povezane su i aminokiseline koje sadrže sumpor – metionin i cistin te vitamin E. Metion i cistin važni su u metabolizmu selena jer omogućuju formiranje glutation – peroksidaze, a ona, zajedno s vitaminom E djeluje sinergistički u antioksidativnoj zaštiti. Uz to, selen je potreban za normalno funkcioniranje štitnjače i metabolizam joda (CASE i sur., 1995.).

4.6.1. Kliničko očitovanje disbalansa selena

Kliničko očitovanje poremeće količine selena u prehrani pasa i mačaka navedeno je u Tablici 20. S obzirom da se nalazi i u mesu i u žitaricama, prirodni deficit ovog minerala u pasa i mačaka nije zabilježen. Iako je u većim dozama toksičan (> 56,8 µg) nije zabilježena pojava toksikoze u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.). Preporučene količine selena u prehrani pasa i mačaka navedene su u Tablici 19.

Tablica 19. Preporučeni minimalni udio selena u prehrani pasa i mačaka (na 100 g ST) (FEDIAF, 2017.)

Vrsta	Rast i reprodukcija	Odrasli
Pas	40 µg	30 µg
Mačka	30 µg	30 µg

Tablica 20. Kliničko očitovanje disbalansa selen u pasa i mačaka (WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Selen	Mišićna distrofija, inapetencija, potkožni edemi, mineralizacija bubrega, reproduktivne smetnje	Povraćanje, spazam, inapetencija, dispneja, nepravilan hod, slinjenje, neugodan zadah, gubitak noktiju

4.7. Ostali mikrominerali: bor, krom i kobalt

Minimalni zahtjevi za ostalim mikromineralima i mineralima u tragovima nisu određeni.

Krom čini sastavni dio organskog kompleksa zvanog faktor tolerancije glukoze koji poboljšava djelovanje inzulina. Bolju iskoristivost pokazao je organski krom nasprem anorganskog (MERTZ i ROGINSKI, 1971.). Na temelju istraživanja na drugim vrstama životinja i ljudima dodatci kroma u prehrani pokazali su određene beneficije poput povećane tolerancije na glukozu, smanjenja koncentracije lipida u plazmi i dr. (ANDERSON, 1987.; PAGE i sur., 1993.; MOONSIE-SHAGEER i MOWAT, 1993). Kobalt čini sastavni dio vitamina B12 te kada prehrana sadrži dovoljno ovog vitamina, nisu potrebni dodatci kobalta. Bor indirektno utječe na aktivnost PTH odnosno, na metabolizam kalcija, fosfora, magnezija i vitamina D3 te kontrolira urolitijazu (WEDEKIND i sur., 2010.). U Tablici 21. navedeno je kliničko očitovanje disbalansa kroma, kobalta i bora.

Elementi u tragovima: molibden, kositar, fluor, nikal, silikon, vanadij i arsen pokazali su se esencijalnim u drugih vrsta sisavaca no, iako nisu istraženi na psima i mačkama, pretpostavlja se da su i njima potrebni u vrlo malim, nemjerljivim količinama (CASE i sur., 1995.).

Tablica 21. Kliničko očitovanje disbalansa određenih mikrominerala u pasa i mačaka
(Prilagođeno prema: CASE i sur., 1995.; WEDEKIND i sur., 2010.)

Mineral	Deficit	Suficit
Bor	Zaostajanje u rastu, smanjene vrijednosti hematokrita, hemoglobina i alkalne fosfataze	Slično kao kod deficita
Krom	Smanjena tolerancija na glukozu, povećani serumski trigliceridi i kolesterol	Dermatitis, respiratorne smetnje, plućni tumori
Kobalt	Nedostatak vitamina B12, anemija	Nije zabilježeno

5. ZAKLJUČCI

U domenu važnosti minerala ne spada samo osiguranje adekvatnih količina već i drugi čimbenici poput međusobnog odnosa između minerala u prehrani. Na odgovarajuće potrebe za pojedinim mineralima utjecati će dob životinje – životinjama u rastu uglavnom su potrebne veće količine. Također, utjecaj imaju i različita fiziološka stanja poput graviditeta, ali i bolesna stanja koja će zahtijevati veći unos pojedinih minerala.

Kalcij i fosfor, kao minerali koji su u organizmu količinski najzastupljeniji te imaju zajednički metabolizam i homeostatske mehanizme, povezani su i putem prehrane na način da ako njihov međusobni omjer nije adekvatan dolazi do neravnoteže i posljedičnih kliničkih manifestacija.

Visok udio prehranbenog fosfora, kalcija, kalija, masti i proteina negativno će utjecati na apsorpciju magnezija. Povećani unos magnezija predstavlja jedan od čimbenika odgovornih za nastanak struvitnih urolita.

Za razliku od većine minerala, kalij se ne pohranjuje u organizmu te se mora svakodnevno unositi prehranom dok nedovoljne koncentracije natrija u prehrani smanjuju iskoristivost proteina i energije iz hrane. Natrij također utječe na metabolizam kalcija i može utjecati na apsorpciju nekih vitamina topivih u vodi.

Visok unos željeza, cinka i bakra treba izbjegavati zbog mogućih međusobnih interakcija. Velike koncentracije željeza, fosfora i kobalta u hrani mogu reducirati apsorpciju mangana u probavnom sustavu. Uz fitate, velike koncentracije kalcija, fosfata, bakra, željeza, kadmija i kroma smanjuju apsorpciju cinka dok će esencijalne masne kiseline djelovati pozitivno na njegovu apsorpciju.

Prehrana bogata određenim mineralima kao što su kobalt, mangan i kalcij može zahtijevati i veći unos joda, a kako deficit tako i suficit joda mogu dovesti do poremećaja u radu štitne žlijezde.

Kliničko očitovanje deficita minerala najčešće je vezano uz anoreksiju, poremećaje u rastu i reprodukciji i iscrpljenost životinje. Bolesti skeletnog sustava najvećim djelom povezane

su sa disbalansom kalcija i fosfora, anemije sa željezom i bakrom, a kožne promjene sa cinkom i jodom.

Uz određivanje minimalnih zahtjeva za pojedinim mineralom u prehrani, kod nekih minerala postavljena je i gornja preporučena granica unosa zbog njihovog negativnog djelovanja pri povećanom unosu.

Od izuzetne je važnosti naglašavati neophodnost uravnotežene prehrane i savjesno uključivanje mineralnih dodataka u obrok kućnih ljubimaca bilo da se radi o komercijalnoj hrani ili kod kuće spravljenim obrocima kako bi se izbjegle greške u hranidbi i klinčke manifestacije deficita i suficita minerala.

6. LITERATURA

1. ANDERSON, R.A. (1987): Chromium. U: Trace Elements in Human and Animal Nutrition 5. izdanje (Mertz W, urednik) Academic Press Inc 1, San Diego, CA, str. 225-244.
2. AOYAGI, S., D. H. BAKER (1993): Bioavailability of copper in analytical-grade and feed-grade inorganic copper sources when fed to provide copper at levels below the chick's requirement. Poultry Sci. 72, 1075-1083.
3. AOYAGI, S., K.J. WEDEKIND, D.H. BAKER (1993): Estimates of copper bioavailability from liver of different animal species and from feed ingredients derived from plants and animals. Poultry Sci. 72, 1746-1755.
4. BARTGES, J.W. (2001): Calcium oxalate urolithiasis. U: Consultations in Feline Internal Medicine (J.R. August, urednik) Saunders, Philadelphia, str. 352–364.
5. BARTGES, J.W., S. L. TARVER, C. SCHNEIDER (1998): Comparison of struvite activity product ratios and relative supersaturations in urine collected from healthy cats consuming four s-truvite management diets. Ralston Purina Nutrition Symposium, St. Louis, MO, str. 58-59.
6. BUFFINGTON, C.A., Q.R. ROGERS, J.G. MORRIS (1990): Effect of diet on struvite activity product in feline urine. Am. J. Vet. Res. 51, 2025–2030.
7. CASE, L.P., D.P. CAREY, D.A. HIRAKAWA (1995): Minerals. U: Canine and Feline Nutrition. A Resource for Companion Animal Professionals., (Case, L.P., Carey D.P., Hirakawa D.A. Ur.) Mosby -Year Book, St. Louis, Missouri, str. 43–53.
8. CHEW, D.J., M.A. CAROTHERS (1995): Disorders of calcium: Hypocalcemia and hypercalcemia. In. Proceedings. Thirteenth Annual Veterinary Medical Forum, American College of Veterinary Internal Medicine, Lake Buena Vista, FL, str. 632-636.
9. COLOMBINI, S., R.W. DUNSTAN (1997): Zinc-responsive dermatosis in northern-breed dogs: 17 cases (1990–1996). J. Am. Vet. Med. Assoc. 211, 451–453.

10. EDINBORO, C.H., C. SCOTT-MONCRIEFF, JANOVITZ (2004): Epidemiologic study of relationships between consumption of commercial canned food and risk of hyperthyroidism in cats. *J Am Vet Med Assoc.* 224, 879–886.
11. EUROPEAN PET FOOD INDUSTRY FEDERATION (FEDIAF) (2017): Nutritional Guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. FEDIAF, Brussels, Belgija.
12. FASCETTI, A. J., S. J. DELANEY (2012): Applied veterinary clinical nutrition, Wiley-Blackwell, West Sussex, Ujedinjeno Kraljevstvo.
13. FREEMAN, L.M. (1995): Magnesium in feline hypertrophic cardiomyopathy. U: Proceedings. Thirteenth Annual Veterinary Medical Forum, American College of Veterinary Internal Medicine, Lake Buena Vista, FL, str. 323-324.
14. GRAČNER, D. (2012): Unutarnje bolesti U: HERAK-PERKOVIĆ, V., Ž. GRABAREVIĆ, J. KOS ur. Veterinarski priručnik, 6. izmijenjeno izdanje, Zagreb; Medicinska naklada, 2012. : 2184-2185.
15. HAMBIDGE, K.M., C.E. CASEY, N.F. KREBS (1986): Zinc. U: Trace Elements in Human and Animal Nutrition 5. izdanje (Mertz W, urednik) San Diego, CA: Academic Press Inc 24.
16. HORTIN, A.E., G. ODUHO, Y. HAN (1993): Bioavailability of zinc in ground beef. *J. Anim. Sci.* 71, 119-123.
17. HUANG, Y.S., S.C. CUNNANE, D.F. HORROBIN, J. DAVIGNON (1982): Most biological effects of zinc deficiency corrected by gamma-linolenic acid (18: 3 omega 6) but not by linoleic acid (18: 2 omega 6). *Artherosclerosis* 41, 193–207.
18. KEALY, R.D., D.F. LAWLER, J.M. BALLAM (1996): Dietary calcium:phosphorus ratios for adult cats. *Veterinary Clinical Nutrition* 3, 28.
19. KIRK, C.A. (2002): Dietary salt and FLUTD: Risk or benefit? 20th Annual ACVIM Forum, American College of Veterinary Internal Medicine, Dallas, TX.
20. KUČER, N. (2012): Unutarnje bolesti U: HERAK-PERKOVIĆ, V., Ž. GRABAREVIĆ, J. KOS ur. Veterinarski priručnik, 6. izmijenjeno izdanje, Zagreb; Medicinska naklada, 2012.: 2213-2214.

21. LANSDOWN, A.B., B. SAMPSON (1997): Trace metals in keratinising epithelia in beagle dogs. *Vet. Record* 141, 571–572.
22. MCDOWELL, L.R. (1992): *Minerals in Animal and Human Nutrition*. San Diego, CA: Academic Press Inc.
23. MCDOWELL, L.R. (1992a): Proper mineral supplementation of livestock diets is essential. *Feedstuffs* 17, 11-13.
24. MERTZ, W., E.E. ROGINSKI (1971): *Newer Trace Elements in Nutrition*. New York, NY: Dekker, 123.
25. MOONSIE-SHAGEER, S., D.N. MOWAT (1993): Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. *J. Anim. Sci.* 71, 232-238.
26. MORRIS, J.G, Q.R. ROGERS (1994): Assessment of the nutritional adequacy of pet food through the life cycle. *Journal of Nutrition* 124, 2520-2534.
27. MRLJAK, V. (2012): Klinička patologija i dijagnostički postupci U: HERAK-PERKOVIĆ, V., Ž. GRABAREVIĆ, J. KOS ur. *Veterinarski priručnik*, 6. izmijenjeno izdanje, Zagreb; Medicinska naklada, str. 1300.
28. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2005): *Mineral Tolerance of Animals*. Committee on Minerals and Toxic Substances, 2nd ed. Washington, DC: National Academies Press.
29. OSBORNE, C.A., J.P. LULICH, J.M. KRUGER (1990): Medical dissolution of feline struvite urocystoliths. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 196, 1053–1063.
30. PAGE, T.G., L.L. SOUTHERN, T.L. WARD (1993): Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71, 656-662.
31. PASTOOR, F.J.H., A.T.H. VAN'T KLOOSTER, J.N.J.J. MATHOT (1994): Increasing calcium intakes lower urinary concentrations of phosphorus and magnesium in adult ovariectomized cats. *Journal of Nutrition* 124, 299-304.
32. SCHOENMAKERS, I., H.A.W. HAZEWINKEL, G. VOORHOUT, C.S. CARLSON, D. RICHARDSON (2000): Effect of diets with different calcium and phosphorus contents on the skeletal development and blood chemistry of growing great danes. *Veterinary Record* 147, 652–660.

33. SHILS, M.E. (1996): Magnesium. U: Present Knowledge in Nutrition (Ziegler EE, Filer LJ Jr, urednici) 7th ed. Washington, DC, ILSI Press, str. 257.
34. SOLOMONS, N.W. (1988): Physiological interaction of minerals. U: Bodwell CE, Erdman JW Jr, eds. Nutrient Interactions. Institute of Food Technologists. New York, NY: Marcel Dekker Inc, str. 115-141.
35. TARTTELIN, M.F. (1987): Feline struvite urolithiasis: Factors affecting urine pH may be more important than magnesium levels in food. Veterinary Record 121, 227–230.
36. UNDERWOOD, E.J., W. MERTZ (1987): Introduction. U: Mertz W, ed. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 5th ed. San Diego, CA: Academic Press Inc, str. 1-17.
37. VAN DEN INGH, T.S., P.M. PUNTE, E.N. HOOGENDIJK (2007): Possible nutritionally induced copper-associated chronic hepatitis in two dogs. Veterinary Record 161, 728.
38. VRANEŠIĆ BENDER, D., S. KRSTEV (2008): Makronutrijenti i mikronutrijenti u prehrani čovjeka, Nutricionizam 17, 19-25.
39. WATSON, T.D. (1998): Diet and skin disease in dogs and cats. Journal of Nutrition 128, 2783–2789.
40. WEDEKIND, K.J., D.H. BAKER (1990): Zinc bioavailability in feed-grade sources of zinc. Journal of Animal Science 68, 684-689.
41. WEDEKIND, K.J., L. KATS, S. YU (2010): Micronutrients: Minerals and Vitamins. U: Small Animal Clinical Nutrition 5th ed (Hand, M.S., Thatcher C.D., Remillard R.L. i sur., urednici). Topeka, SAD, Mark Morris Institute, str. 107-148.
42. WHITE, S.D., P. BOURDEAU, R.A.W. ROSYCHUK, B. COHEN, T. BONENBERGER, K.V. FIESELER, P. IHRKE, P.L. CHAPMAN, P. SCHULTHEISS, G. ZUR, A. CANNON, C. OUTERBRIDGE (2001): Zinc responsive dermatosis in dogs: 41 cases and literature review. Vet. Dermatol. 12, 101–109.

7. SAŽETAK

KLINIČKE MANIFESTACIJE DISBALANSA RAZINE MINERALA U HRANIDBI PASA I MAČAKA

Minerali su anorganski elementi potrebni za normalno funkcioniranje organizma koji pripadaju esencijalnim nutrijentima odgovornim za različite funkcije u tijelu. Postoje značajni međusobni odnosi među mnogim mineralima koji mogu utjecati na apsorpciju, metabolizam i njihovu ulogu u organizmu. Sagledavanje problematike deficita i suficita minerala u prehrani pasa i mačaka sa kliničkog aspekta njihove manifestacije od ključnog je značenja. Disbalans minerala u obroku kod kućnih ljubimaca dovesti će do različitih kliničkih očitovanja koje, u konačnici, mogu dovesti do uginuća životinje. Kao rezultat toga, razinu većine minerala u prehrani treba razmotriti u odnosu na druge sastojke prehrane, s ciljem postizanja optimalne cjelovite dijetetske ravnoteže. Stoga je cilj ovog rada prikazati funkciju i važnost pojedinog minerala u prehrani pasa i mačaka, u kojim količanama su potrebni s obzirom na dob i vrstu, uz naglasak na minimalne i maksimalne koncentracije u obroku te objediniti klinička očitovanja njihova disbalansa (suficita i deficita) kako bi se olakšala diferencijalno dijagnostička prosudba i postavljanje sumnje na nepravilnosti kod hranjenja. Naposljetku je neophodno naglasiti izuzetnu važnost uravnotežene prehrane u hranidbi pasa i mačaka i savjesno uključivanje mineralnih dodataka u obrok kućnih ljubimaca bilo da se radi o komercijalnoj hrani ili kod kuće spravljenim obrocima kako bi se izbjegle greške u hranidbi i kliničke manifestacije deficita i suficita minerala.

Ključne riječi: minerali, suficit, deficit, kliničko očitovanje, kućni ljubimci

8. SUMMARY

CLINICAL MANIFESTATIONS OF MINERAL DISBALANCE IN THE NUTRITION OF DOGS AND CATS

Minerals are inorganic elements that are considered essential nutrients responsible for different functions in the body and are necessary for the normal functioning of the organism. There are significant interactions among many minerals that can affect the absorption, the metabolism and their role in the body. The study of the mineral deficiency and excess problem in the diet of dogs and cats, from the clinical aspect of their manifestation, is of crucial importance. The disbalance of minerals in a pet's diet will lead to various clinical manifestations that can ultimately lead to death. As a result, the level of most minerals in a pet's diet should be considered in relation to other nutritional ingredients, with the aim of achieving optimal dietary balance. The objective of this thesis is to demonstrate the function and importance of particular minerals in the diet of dogs and cats, what are their required quantities in terms of age and type, with emphasis on the minimum and maximum meal concentrations to be able to unite the clinical manifestations of their disbalance (excess and deficiency) which would, in the end, facilitate the differential diagnosis and indicate to irregularities in feeding. It is necessary to emphasize the extraordinary importance of a balanced diet, with the conscientious inclusion of mineral supplements in the pet food, whether the food is commercially produced or home-made, to avoid nutritional mistakes and clinical manifestations of mineral deficiency and excess.

Keywords: minerals, excess, deficiency, clinical manifestation, pets

9. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 04. kolovoza 1993. u Rijeci. Pohađala sam opći smjer u Prvoj sušačkoj hrvatskoj gimnaziji u Rijeci nakon čega, 2012. godine upisujem Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Kao studentica pohađam razne seminare i kongrese u veterinarskoj struci. Članica sam studentske udruge "Equus" Veterinarskog fakulteta. Tijekom cijelog studija radila sam razne studentske poslove, a slobodno vrijeme volontiram.